

Core for components consists of a hollow molding with a single hollow body formed by applying a suspension of a powdered first base material and binder onto the surface of a support material to form a cladding layer, and sintering

Publication number: DE19929761

Publication date: 2001-01-04

Inventor: WEBER MARKUS (DE); ROMMERSKIRCHEN
MARKUS (DE); ANDERSEN OLAF (DE)

Applicant: FRAUNHOFER GES FORSCHUNG (DE)

Classification:

- international: *B22C9/10; B22D17/24; B22D19/00; B22F5/00;
B22F7/08; B60G21/055; B22C9/10; B22D17/24;
B22D19/00; B22F5/00; B22F7/06; B60G21/00; (IPC1-
7): B22F7/00; B22D17/00; B22D21/04; B60G21/055;
B62D7/18*

- european: B22C9/10; B22C9/10E; B22D17/24; B22D19/00;
B22F5/00M; B22F7/08; B60G21/055B

Application number: DE19991029761 19990629

Priority number(s): DE19991029761 19990629

Report a data error here

Abstract of DE19929761

Core for components consists of a hollow molding with a single hollow body formed by applying a suspension of a powdered first base material and binder onto the surface of a support material to form a cladding layer, and reinforcing by sintering.

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide



①9 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 29 761 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:
B 22 F 7/00
B 22 D 17/00
B 22 D 21/04
B 60 G 21/055
B 62 D 7/18

②1 Aktenzeichen: 199 29 761.4
②2 Anmeldetag: 29. 6. 1999
④3 Offenlegungstag: 4. 1. 2001

DE 199 29 761 A 1

⑦1 Anmelder:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

⑦2 Erfinder:
Weber, Markus, Dr., 28757 Bremen, DE;
Rommerskirchen, Markus, Dr., 28757 Bremen, DE;
Andersen, Olaf, Dr., 01099 Dresden, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Kern für in Gußtechnik hergestellte Bauteile und Herstellverfahren dazu

⑤7 Die Erfindung betrifft einen Kern und ein Verfahren zur Herstellung eines Kerns für Bauteile mit geschlossenem Hohlraumprofil, wobei die Bauteile im Gußverfahren hergestellt werden und das Hohlraumprofil mit einem vorgeformten Kern gefüllt ist. Der vorgeformte Kern wird in der Gußform mit Haltemitteln abgestützt. Der Kern ist aus Einzelhohlkörpern aufgebaut, wobei die Einzelhohlkörper als Grünlinge durch Überziehen eines Trägerstoffes mit einer Suspension aus Basismaterial und Bindemitteln entstehen. Die Einzelhohlkörpergrünlinge bilden durch ein entsprechendes Werkzeug einen Formhohlkörpergrünling und werden anschließend zu einem porenfreien und gasdichten Einzelhohlkörper bzw. Formhohlkörper gesintert. Es ist sowohl die Wandstärke der Einzelhohlkörper wie auch die Druckverhältnisse im Innern der Einzelhohlkörper veränderbar.

DE 199 29 761 A 1

Die Erfindung betrifft einen Kern und ein Herstellverfahren für Bauteile mit geschlossenem Hohlraumprofil, wobei die Bauteile im Gußverfahren hergestellt werden, mit den Merkmalen der in den Oberbegriffen der Patentansprüche 1, 2, 21 und 22 beschriebenen Gattungen.

Die Herstellung, von Kernen für Bauteile mit geschlossenem Hohlraumprofil läßt sich für Gußbauteile mittels verschiedener Gießverfahren ausführen. Es können dabei Dauerformen oder verlorene Formen zum Einsatz kommen, in all diesen Fällen wird der Kern vor dem Eingießen der Schmelze mittels Halterungen in dem Formhohlraum eingebracht. Dazu werden innerhalb der Gußform konventionelle Kernstützen oder auch auf das jeweilige Gießverfahren speziell abgestimmte Halterungen verwendet.

Die Verwendung von Kernen für Bauteile mit geschlossenem Hohlraumprofil ist beispielsweise im Leichtbau heute eine zu erfüllende Anforderung. Eine Gießtechnik mit Hohlraumprofil und Kern bietet beim Bauteildesign die Möglichkeit dünnwandige Bauteile mit Verstrebungen und unterschiedlichen Wanddicken zu erzeugen, die trotz einer durch Einsetzen eines Kernes erzielten Gewichtsreduzierung hochfeste Bauteile darstellen, die eine hohe Steifigkeit bei minimalem Gewicht und infolge einer dünnen Außenwand des Gußteils eine Gewichtsreduzierung ermöglichen. Gußteile mit geschlossenem Profil sind in der Regel wesentlich steifer und leichter als offene Profile und außenliegendem Rippen und Wülsten zur Versteifung. Vor allem Gußbauteile, die mit hoher Steifigkeit hohe Torsions- und Biegemomente übertragen müssen, werden häufig als in sich geschlossene Hohlkörper aus dünnen Blechschalen hergestellt oder aus Aluminiumwerkstoffen gegossen.

Zur Herstellung von Bauteilen ist es bei den Gravitationsgußverfahren und Niederdruckgußverfahren Stand der Technik, ein Hohlraumprofil mit Kernen aus Sand, Wachs, Styropor und anderen Werkstoffen in die jeweilige Gießform einzulegen. Diese Kerne werden nach dem Gießen entweder über vorhandene Öffnungen in der Wand des Gußbauteils entfernt oder auch dort belassen. Aus der DE 41 16 837 C2 ist ein Drehstabstabilisator für Kraftfahrzeuge vorbekannt, der aus einem U-förmig gebogenen Rohr mit innen angeordneter Verstärkung besteht. Der Gegenstand der DE 41 16 837 besteht darin, daß die Verstärkungen aus nach dem Biegen und Innenkugelstrahlen des Rohres zumindest in dessen Krümmungsbereiche eingebrachten eigensteifen und/oder volumenkonstanten Kernfüllungen aus einem fließ- oder rieselfähigem Mittel bestehen, das nach dem Einbringen aufschäumt und/oder aushärtet. Die Kernfüllung füllt dabei das gesamte Rohr aus. Die Kernfüllung übt dabei zumindest in den hoch beanspruchten Krümmungsbereichen eine Stützwirkung aus und wirkt so einer Querschnittsverformung des Rohres bei Belastung entgegen.

Aus der DE 195 01 508 C1 ist ein Bauteil für das Fahrwerk eines Kraftfahrzeuges vorbekannt, das aus Aluminiumdruckguß besteht und ein Hohlraumprofil aufweist, in dessen Hohlraum sich ein Kern aus Aluminiumschaum befindet. In eine Druckgußform werden Kerne aus Aluminiumschaum eingebracht, die nach dem Einpressen des flüssigen Aluminiums in das Formwerkzeug im Bauteil aus Aluminiumdruckguß verbleiben. Der Kern aus Aluminiumschaum besteht aus einer Mischung aus Aluminumpulver mit einem Treibmittel, und diese Mischung wird zum Aufschäumen in der Kernform auf eine Temperatur von etwa 800°C erhitzt, wobei bei dieser Temperatur das in das Treibmittel eingeschlossene Gas freigesetzt wird, so daß es ähnlich wie bei Polyurethanschaum wirksam ist, und das Alu-

minumpulver aufschäumt. Gleichzeitig werden Aluminumkörner zusammengebacken, so daß eine schaumige Masse die Kontur der Kernform ausfüllt. Die schaumige Masse weist nach den Angaben der DE 195 01 508 eine geschlossene Porosität auf und hält damit Drücken über 30 bar stand. Der Kern aus aufgeschäumtem Aluminium wird an den wenig belasteten Stellen in der Innenwand des Gußwerkzeuges abgestützt, damit zwischen dem Kern und dem Werkzeug ein gleichmäßiger Abstand in gewünschter Wanddicke verbleibt. Nachteile der Verwendung von Metallschäumen wie auch von Aluminiumschäumen für die Erzeugung von Hohlräumen zeigen sich aufgrund der geringen Festigkeit der Schaumblasen bei entsprechenden Gießbedingungen, die zu einem Kollabieren der Schaumstruktur führen. Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß durch den hohen Druck die Metallschmelze teilweise in die Porenstruktur des Metallschaums aus Aluminium eindringt und dadurch die Hohlräume zumindest teilweise füllt. Das Eindringen bzw. die Zerstörung der Schaumblasen bei Metallschäumen wird einmal dadurch verursacht, daß die Zellwände der Metallschäume keine exakte sphärische Form haben, d. h. sie halten prinzipiell nur relativ geringen Drücken stand. Andererseits hat sich gezeigt, daß die Wände der Metallschaumblasen nach wie vor stets kleine Perforationen aufweisen, die einem hohen Druck beim Gießen nicht standhalten können.

Schließlich haben Metallschäume auch den Nachteil, daß sich die Dicke der Wände der Metallschäume nicht einstellen läßt und deshalb können die Wände dieser Schaummembranen sehr hohen Drücken nicht standhalten, wie sie in der Regel bei Druckgußverfahren erforderlich sind. Die Kerne aus Metallschäumen können deshalb den hohen Strömungsgeschwindigkeiten der Schmelze bei der Füllung der Gußform nicht standhalten, denn die Strömungsgeschwindigkeit der flüssigen Schmelze am Anschnitt liegt üblicherweise zwischen 30 und 70 m/s. Darüberhinaus vermögen Metallschäume auch den hohen Drücken im Druckgußverfahren während der Nachdruckphase nicht zu widerstehen, da diese Drücke größer als 50 bar sind. Die flüssige Schmelze kann deshalb, wie bereits vorher ausgeführt, zumindest teilweise in die Porenstruktur der Metallschäume einbringen und füllt dadurch wenigstens einen Teil der Hohlräume des Kernes des Gußteils aus.

Außerdem ist noch ein Verfahren zur Erzeugung von metallischen Hohlkörpern in Kugelform bekannt, bei dem beispielsweise auf polymeren Trägermaterialien direkt oder nach einer eventuellen Oberflächenbehandlung galvanisch metallische Schichten abgeschieden werden. Diesen metallischen Hohlkörpern ist gemeinsam, daß sie bisher vor allem aus Kostengründen keine praktische Bedeutung erlangt haben, da zunächst die fertigen metallischen Hohlkugeln hergestellt werden müssen, die dann in weiteren Prozessschritten zueinander angeordnet und durch Sintern, Löten oder Kleben zur gewünschten Struktur verbunden werden. Diese metallischen Hohlkörper haben den Nachteil, daß die nur aus technisch weniger interessanten aber galvanisch abscheidbaren Metallen hergestellt werden können. Ein weiterer Nachteil der metallischen Hohlkörper ist die Tatsache, daß bei der Wärmebehandlung der metallischen Hohlkugeln sich die polymeren Trägermaterialien zersetzen und bei dem Entweichen der Trägermaterialien ein Loch in dem Hohlkörper zurückbleibt. Diese Hohlkörper müssen anschließend durch weitere Behandlung noch abgedichtet werden, so daß die Metallschmelze während der Vergießens nicht in den Hohlkörper eindringen kann. Auf galvanischem Weg erzeugte metallische Hohlkörper sind bei der Herstellung größerer Wanddicken der Hohlkörper auch nur mit recht hohem Aufwand zu fertigen.

Es ist deshalb Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen einfachen, kostengünstigen und für die Massenfertigung geeigneten Kern und ein Verfahren zum Herstellen dieses Kernes für im Gußverfahren hergestellte Bauteile mit geschlossenem Hohlraumprofil zu schaffen, der porenfrei und damit gasdicht ausgebildet ist, ferner eine Reduzierung des Kerngewichts und gleichzeitig eine Erhöhung der Eigensteifigkeit insbesondere auch bei Druckgußverfahren erlaubt, der darüber hinaus auch höchsten Drücken während der Nachdruckphase des Gußprozesses bei Druckgußverfahren standhalten kann und der ferner ein veränderbares Ausmaß der Integration des Kernes in das Gußbauteil zuläßt.

Diese Aufgaben werden erfindungsgemäß durch die in den kennzeichnenden Teilen der Patentansprüche 1, 2, 21 und 22 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen des Erfindungsgegenstandes sind in den Merkmalen der Unteransprüche 3 bis 20 und 23 bis 40 gekennzeichnet.

Die Vorteile der Erfindung bestehen insbesondere in dem erfindungsgemäßen Zusammenwirken der Merkmale, daß als Kern ein Formhohlkörper eingesetzt wird und der Formhohlkörper wenigstens aus einem Einzelhohlkörper besteht, wobei der Einzelhohlkörper dadurch entsteht, daß auf der Außenfläche eines Trägerstoffes eine Suspension aus einer pulverförmigen ersten Basismaterialkomponente und eines Bindemittels zum Bilden von zunächst einer Hüllschicht für einen Einzelhohlkörpergrünling aufgebracht wird. Anschließend wird der derart gebildete Einzelhohlkörpergrünling durch einen Sintervorgang zu einem durch die ursprüngliche Form der Hüllschicht des Trägerstoffes geformten Einzelhohlkörper verfestigt. Es kann, falls die eingesetzte erste Basismaterialkomponente eine Sinterung bis zum Porenabschluß nicht zuläßt, bei dieser ersten Ausführungsform eine zweite Basismaterialkomponente mit niedrigeren Schmelzpunkt zu der ersten Basismaterialkomponente hinzugefügt werden. Der Binder und der Trägerstoff können bei dem Erhitzen im Verlauf der Energiezufuhr für den Sintervorgang durch die zeitweise poröse Hüllschicht des Trägerstoffes entweichen, ehe durch Aufschmelzen der Bestandteile der zweiten Basismaterialkomponente die noch vorhandene Mikroporosität der Hüllschicht bis zum Porenabschluß beim Erreichen der Schmelztemperatur der zweiten Basismaterialkomponente verschlossen werden, während die pulverförmigen Bestandteile der ersten Basismaterialkomponente wegen ihres höheren Schmelzpunktes nicht aufschmelzen, sondern sich lediglich mit den benachbarten Bestandteilen der ersten Basismaterialkomponente vernetzen. Durch das Hinzufügen einer gegenüber der ersten Basismaterialkomponente niedriger schmelzenden zweiten Basismaterialkomponente wird durch das Sintern ein völlig gasdichter Einzelhohlkörper erzeugt.

Derselbe Vorteil einer Erzeugung eines bis zum Porenabschluß der Mikroporosität gesinterten und gasdichten Einzelhohlkörpers läßt sich auch mit einem zweiten Ausführungsbeispiel erzielen, in dem an die Stelle der zweiten Basismaterialkomponente das Aufbringen einer Zusatzhüllschicht tritt. Dabei wird vor, zwischen zwei oder auf die bereits vorhandene Hüllschicht für den Einzelhohlkörpergrünling eine Zusatzhüllschicht unter Verwendung einer zusätzlichen Variante der ersten Basismaterialkomponente aufgebracht. Die zusätzliche Variante der ersten Basismaterialkomponente ist dabei aus dem gleichen Material wie die erste Materialkomponente hergestellt und unterscheidet sich jedoch dadurch, daß die Pulverbestandteile der zusätzlichen Variante der ersten Basismaterialkomponente feiner zerkleinert sind als die groß gehaltenen Pulverbestandteile der vorhergehenden Hüllschichten aus der ersten Basismaterialkomponente. Auch mit dieser feiner zerkleinerten Variante

der ersten Basismaterialkomponente läßt sich die in der Hüllschicht des Einzelhohlkörpergrünlings vorhandenen Mikroporosität bis zum Porenabschluß verschließen. Würde man den Einzelhohlkörper nur aus den fein zerkleinerten pulverförmigen Bestandteilen der Variante der ersten Basismaterialkomponente herstellen, so würde die Herstellung der Kerne sehr teuer und damit unwirtschaftlich werden. Deshalb werden die normalen Hüllschichten aus der ersten Basismaterialkomponente hergestellt, die lediglich aus grob zerkleinerten Pulverbestandteilen und damit preiswert herzustellen ist. Auch wenn mehrere normale Hüllschichten aus nur grob zerkleinerten ersten Basismaterialbestandteilen übereinander aufgebracht werden, kann auch nach dem Sintern noch eine offene Mikroporosität in der Hüllschicht des Einzelhohlkörpers vorhanden sein. Nur durch die Beifügung entweder einer zweiten Basismaterialkomponente mit niedrigem Schmelzpunkt als die Pulverbestandteile der ersten Basismaterialkomponenten oder durch das Beschichten mit einer Zusatzhüllschicht aus einer zusätzlichen Variante der ersten Materialkomponente mit feiner zerkleinerten Pulverbestandteilen läßt sich ein Porenabschluß und damit eine Gasdichtigkeit der Einzelhohlkörper erreichen, die bei Verwendung der Einzelhohlkörper als Formhohlkörper für einen Kern in einem Bauteil der Druckgußtechnik unbedingt erforderlich ist, wegen der dort herrschenden großen Drücke insbesondere in der Nachdruckphase mit über 50 bar, damit die Kerne diesen Bedingungen standhalten können. Ein weiterer Vorteil ist die vorstehend angedeutete Veränderbarkeit der Stärke der Wand der Einzelhohlkörper entweder über das Variieren der Länge der Beschichtungsdauer oder indem mehrere Hüllschichten übereinander aufgebracht werden, so daß die im jeweiligen Anwendungsfall erforderliche Druckfestigkeit der Einzelhohlkörper durch Erhöhung der Wandstärke erreicht werden kann.

Eine Verringerung des Gewichts des Kernes und damit des Gußteils mit einem Hohlraumprofil wird einmal dadurch erreicht, daß aus dem Einzelhohlkörpergrünling der Binder und auch der Trägerstoff während des Erwärmungsprozesses bei der Sinterung entweichen kann, so daß nur noch die Außenwände des ursprünglichen Einzelhohlkörpers übrig bleiben. Darüber hinaus wird jedoch eine hohe Eigensteifigkeit des Kernes dadurch erreicht, daß die Außenflächen der Trägerstoffe der Einzelhohlkörpergrünlinge in definierter und aus einer in sich stabilen geometrischen Form aufgebaut sind. Beispielsweise kann die Form der Trägerstoffe und damit die daraus entstehende Form des Einzelhohlkörpers als Kugel ausgebildet sein. Ein ebenfalls sehr stabiler Einzelhohlkörper kann durch eine entsprechende Form des Trägerstoffes beispielsweise als Ellipse ausgebildet sein oder in jeder anderen für einen derartigen Zweck geeigneten Formgebung, die den Belastungen des jeweiligen Anwendungsfalls gewachsen ist. Wird der Einzelhohlkörper als Kugel ausgebildet, so lassen sich mehrere Einzelhohlkörper zu einem Formhohlkörper zusammenfassen, indem zunächst nur mittels einer Suspension die Hüllschichten auf die Einzelhohlkörpergrünlinge aufgebracht werden. Mehrere Einzelhohlkörpergrünlinge werden sodann vor Beginn des Sintervorganges in kaltem Zustand in ein Formgebungswerkzeug eingefüllt, wobei das Formgebungswerkzeug die Gestalt des auf den jeweiligen Anwendungsfall abgestimmten Formhohlkörpergrünlings, also des in das Gußteil einzusetzenden Kernes besitzt. Der Formhohlkörpergrünling besteht dann aus zahlreichen kugelförmigen Einzelhohlkörpergrünlingen, die durch die Gestalt des Formgebungswerkzeuges in kaltem Zustand in die gewünschte Kernform gebracht werden. Anschließend wird der Formhohlkörpergrünling gesintert, so daß nach dem Ende der Sinterung ein Formhohlkörper entstanden ist, der entsprechend der Anzahl der Einzel-

hohlkörpergrünlinge aus Einzelhohlkörpern besteht, die durch das Sintern zwar miteinander verbunden sind, jedoch alle Einzelhohlkörper in sich abgeschlossen je einen Hohlraum hergen.

Vorteilhaft läßt sich die Formgebung der Formhohlkörpergrünlinge in dem Formgebungswerkzeug durch Druckeinwirkung mit einem Stempel auf alle Einzelhohlkörpergrünlinge durchführen. Verwendet man Einzelhohlkörper in Kugelgestalt, so bilden sie an den Außenseiten eines aus mehreren Einzelhohlkörpern hergestellten Formhohlkörpers porenartige Vertiefungen zwischen den einzelnen Einzelhohlkörpern, die selbst aber dicht ausgebildet sind. Durch Druckausübung mit dem Stempel auf die Einzelhohlkörper läßt sich bei der Herstellung des Formhohlkörpers nun der Durchmesser und ihre von der Außenseite her gesehen sich ergebende Tiefenerstreckung der porenartigen Vertiefungen zwischen den Einzelhohlkörpern steuern und zwar bezüglich der Größe und der Tiefenerstreckung dieser porenartigen Vertiefungen. Die Spannweite der Größe und der Tiefe der porenartigen Vertiefungen kann bis zu deren völligen Verschuß gehen, indem entsprechend starker Druck ausgeübt wird, so daß sich die Einzelhohlkörpergrünlinge verformen bis die Vertiefungen verschlossen sind. Die Anzahl der porenförmigen Vertiefungen auf den Außenseiten eines Formhohlkörpergrünlings und damit des Formhohlkörpers läßt sich durch eine Änderung der Größe bzw. des Durchmessers der Einzelhohlkörpergrünlinge variieren. Die Veränderbarkeit der porenförmigen Vertiefungen auf der Außenseiten eines Formhohlkörpers ermöglicht ein veränderbares Ausmaß der Integration des Kerns in der Schmelze des Gußbauteils. Je nachdem wie tief und breit die porenartigen Vertiefungen sind, ist entsprechend den Anforderungen des jeweiligen Anwendungsfalls ein besonders hohes oder auch ein geringeres Ausmaß an Integration des aus einem Formhohlkörper bestehenden Kerns in dem Gußbauteil, d. h. mit der umgebenden Schmelze möglich.

Das Basismaterial und die Basismaterialkomponenten für die Herstellung der Einzelhohlkörper und der Formhohlkörper bestehen dabei vorzugsweise aus metallischen und/oder keramischen Pulverbestandteilen. Die Verarbeitung dieser Materialien zu Einzelhohlkörpern ermöglichen die Dichte des Basismaterials in weiten Grenzen zu variieren. Gleichzeitig kann durch die Auswahl des Basismaterials eine weitgehende Anpassung an die Betriebserfordernisse durchgeführt werden, beispielsweise bezüglich einer Hochtemperaturfestigkeit oder einer Beständigkeit in korrosiven Medien, aber auch bezüglich der Forderung nach statistischer Zuverlässigkeit und Berechenbarkeit des Formhohlkörpers bzw. Kerns, die häufig zum Aussteifen von tragenden Querschnitten verwendet werden. Werden die Einzelhohlkörper und der aus mehreren Einzelhohlkörpern hergestellte Formhohlkörper aus Einzelhohlkörpergrünlingen hergestellt, so wird der Umweg über die Herstellung einer gesonderten metallischen Einzelkugel wie bei den galvanischen Methoden einer Schichtbildung vermieden. Da die Herstellung der Einzelhohlkörper und des Formhohlkörpers nicht über eine flüssige Phase erfolgt, können sich keine signifikanten Materialansammlungen in Zellecken bilden, so daß die erzeugten Einzelhohlkörperstrukturen in dem Formhohlkörper in Kugelgestalt in positiver Weise das Prinzip nutzen, Material in erster Linie in den kugelförmigen Rändern einzusetzen, wo es am stärksten zur Festigkeitssteigerung beiträgt.

Nachstehend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen noch näher erläutert.

Ein Kern gemäß der Erfindung für Bauteile mit geschlossenem Hohlraumprofil ist in seinem Aufbau und in seiner Herstellung nachfolgend beschrieben. Bei den Bauteilen handelt es sich um Gußteile, die in den unterschiedlichsten

Gießverfahren hergestellt werden können. Besondere Anforderungen an einen Kern für Gußteile zur Erzeugung eines Hohlraumprofils stellen die Druckgußverfahren, die die jeweiligen Kerne mit hoher Strömungsgeschwindigkeit bei der Formfüllung umfließen und bei denen die Kerne extremen Drücken insbesondere in der Nachdruckphase mit größer als 50 bar standzuhalten haben. Ein Kern nach der Erfindung ist aus einem Formhohlkörper aufgebaut, wobei dieser Formhohlkörper im Extremfall nur aus einem einzigen Einzelhohlkörper bestehen kann. Im Falle einer Extrembelastung wie beim Druckgußverfahren ist es jedoch vorteilhaft, die Einzelhohlkörper in definierter und aus einer in sich stabilen geometrischen Form aufzubauen, wie das beispielsweise bei einer Kugel der Fall ist. Der Aufbau der Einzelhohlkörper erfolgt dabei über eine Trägerstoff, der für den Fall einer extremen Belastung, wie vorstehend geschildert, eine Kugelform aufweist. Das heißt, es werden Kugeln aus einem möglichst leichten Trägermaterial wie zum Beispiel expandiertem Styrol verwendet, auf deren Außenfläche eine Suspension aus einer pulverförmigen ersten Basismaterialkomponente, die mit einem Bindemittel vermischt ist, aufgebracht. Nach dem Trocknen der Suspension ist auf dem kugelförmigen Trägerstoff eine Hüllschicht aus dem Pulvermaterial der Basismaterialkomponente und dem Binder entstanden, der kugelförmige Trägerstoff mit der Hüllschicht bildet vor der Sinterung einen sogenannten Einzelhohlkörpergrünling. Die Stärke der durch die Suspension aufgetragenen Hüllschicht und damit die Stärke der Wand des Einzelhohlkörpergrünlings läßt sich nun verändern, indem auf eine durch eine Suspension aus Basismaterial und Bindemittel auf dem Trägerstoff gebildete Hüllschicht weitere Hüllschichten auf den Einzelhohlkörpergrünling aufgebracht werden oder indem die Länge der Beschichtungsdauer variiert wird. Die Dicke der Hüllschichten und damit die Stärke der Wand der Einzelhohlkörper richtet sich nach den Druckbelastungen, die beim Einguß in dem jeweiligen Einzelfall auf den Einzelhohlkörper ausgeübt werden. Bei hohen Drücken wird man deshalb die Wand der Einzelhohlkörper mit mehreren oder einer dickeren Hüllschicht entsprechend verstärken.

In einem ersten Ausführungsbeispiel gemäß der Erfindung besteht das Basismaterial aus einer pulverförmigen ersten Basismaterialkomponente. Es kann eine zweite Basismaterialkomponente hinzugefügt werden. Wenn die erste Basismaterialkomponente beispielsweise aus pulverförmigen Eisenbasiswerkstoff besteht, so enthält der Einzelhohlkörper nach dem Sintern noch eine Mikroporosität. Diese Mikroporosität, falls die eingesetzte erste Basismaterialkomponente eine Sinterung bis zum Porenabschluß nicht zuläßt, läßt sich auf zwei verschiedenen Wegen erfindungsgemäß beseitigen. Einmal wird der ersten Basismaterialkomponente noch eine zweite Basismaterialkomponente zugeführt, die in Form eines flüssigen Metalls ausgebildet ist, wie beispielsweise Kupfer. Die gesinterten Einzelhohlkörper werden durch Tränken in dem flüssigen Metall bis zum Porenabschluß behandelt und so gasdicht, wobei die zweite Basismaterialkomponente einen niedrigeren Schmelzpunkt aufweist als die erste Basismaterialkomponente. Der zweite Weg zur Abdichtung der nach dem Sintern bestehenden Mikroporosität bei den Einzelhohlkörpern die beispielsweise aus einem Eisenwerkstoff hergestellt sind, besteht darin, daß die Einzelhohlkörper mit einer zweiten Basismaterialkomponente beschichtet werden und anschließend einen zweiten Sinterprozeß bis zum Porenabschluß unterzogen werden, wobei ebenfalls die zweite Basismaterialkomponente einen niedrigeren Schmelzpunkt aufweist als die erste Basismaterialkomponente und die zweite Basismaterialkomponente beispielsweise wieder als Kupferwerkstoff ausgewählt wird.

Die Beschichtung bei dem zweiten Weg der Einzelhohlkörper kann beispielsweise durch Wälzen in feinem Kupferpulver erfolgen, wobei auch die Zugabe eines Haftmittels zweckmäßig sein kann. Das bei dem zweiten Sinterprozeß flüssig werdende Kupferpulver in Form der Beschichtung auf dem Einzelhohlkörper infiltriert dann beim Erreichen des Schmelzpunktes des Kupfers die Mikroporosität der Wand des Einzelhohlkörpers. Die durch Aufbringen einer Suspension aus einer pulverförmigen ersten Basismaterialkomponente und Bindemittel auf der Außenfläche des Trägerstoffes gebildete Hüllschicht ist zunächst nicht porös. Durch den einsetzenden Erwärmungsprozeß während des Sinterns beginnt diese Schicht porös zu werden, wenn sich die darin enthaltenden Binderanteile zersetzen, was etwa bei 250° der Fall sein kann. Die zwischen den Metall- oder Keramikpulverteilen verbleibenden Binderreste sorgen für den Zusammenhalt der Basismaterialkomponenten und damit für eine ausreichend stabile Schale, um die nächsten Behandlungsschritte durchführen zu können. Durch das Zersetzen der Binderanteile bis auf gewisse Bindemittelreste zwischen den Pulverteilen der Basismaterialkomponente wird die auf dem Trägerstoff aufgetragene Hüllschicht porös. Durch diese dann poröse Hüllschicht entweicht auf einer höheren Temperaturstufe der Trägerstoff z. B. Styropor oder jedes andere gewünschte Trägermaterial etwa bei einer Temperatur von 400°C. Bei der danach einsetzenden nochmaligen Temperaturerhöhung während des Sinterns beginnen die Diffusionsvorgänge zwischen den Metallpulverteilen der Basismaterialkomponenten, bei denen sich metallische Brücken zwischen den Pulverbestandteilen aufbauen. Es entsteht damit eine metallische Hüllschicht um den Trägerstoff. Das Entweichen des Bindemittels und anschließend des Trägermaterials des Einzelhohlkörpergrünlings ist deshalb möglich, weil die Zersetzungstemperatur des Bindemittels unter der Zersetzungstemperatur des Trägerstoffes festgelegt wird und die Zersetzungstemperatur des Trägerstoffes wiederum so ausgewählt wird, daß die Zersetzungstemperatur des Trägerstoffes unter den Schmelzpunkten der jeweiligen Basismaterialien bzw. Basismaterialkomponenten für die Einzelhohlkörpergrünlinge zu liegen kommt. Das heißt konkret, beim Beginn des Schmelzens der zweiten pulverförmigen Basismaterialkomponente ist schon vor und während bei Dauer des Sintervorganges mit steigender Energiezufuhr und Erwärmung zuerst das Bindemittel und danach der Trägerstoff durch die im Verlauf des Sintervorganges zeitweise poröse Hüllschicht des Einzelhohlkörpergrünlings entwichen. Beim Abschluß des Sintervorganges hat der Einzelhohlkörpergrünling dann eine durch die ursprüngliche Form der Hüllschicht des Trägerstoffes geformte Gestalt, die durch die Basismaterialkomponenten und das Sintern verfestigt ist.

Um eine Reduzierung des Eigengewichts des Kerns und eine Erhöhung der Eigensteifigkeit und damit auch der Druckfestigkeit zu erzielen, ist es vorteilhaft den kernbildenden Formkörper aus mehreren Einzelhohlkörpergrünlingen zu formen.

Dies geschieht in einem Formgebungswerkzeug, in das die Einzelhohlkörpergrünlinge in kaltem Zustand eingefüllt werden und mittels Druckeinwirkung durch einen Stempel auf alle Einzelhohlkörpergrünlinge die Gestalt des Kerns annehmen, für den das Formgebungswerkzeug ausgeführt ist, wobei der Formhohlkörpergrünling aus den Einzelhohlkörpergrünlingen in kaltem Zustand hergestellt wird, während es bisher üblich war, die Verbindung der Einzelkugeln durch Erwärmen der Kugeln und dem dabei vorhandenen Druck zu erzeugen. Der vorhandene Druck entstand durch Nachschäumen z. B. von Styropor in einer erwärmten Form. Mit Hilfe des Formgebungswerkzeuges ist es also möglich,

einen auf den jeweiligen Anwendungsfall abgestimmten Formhohlkörpergrünling zu bilden. Der Zusammenhalt der Einzelhohlkörpergrünlinge in dem Formgebungswerkzeug ergibt sich durch das Anlösen der Beschichtung bzw. des Binders vor oder während der Druckbeaufschlagung mittels des Stempels in dem Formgebungswerkzeug. In dem Formgebungswerkzeug können beispielsweise durch poröse Formwände geeignete Lösungsmittel zu den Einzelhohlkörpergrünlingen im Innern des Formgebungswerkzeuges zugeführt werden. Eine feste Verbindung der Einzelhohlkörpergrünlinge untereinander wird durch anschließendes Trocknen der angelösten Schichten erzielt. Es kann ein beschleunigtes Verdampfen des Lösungsmittels durch Erwärmen und/oder Durchströmen der Form mit einem geeigneten gasförmigen Medium erzielt werden. Nach der Ausbildung des Formhohlkörpergrünlings in dem Formgebungswerkzeug wird dieser gesintert, wobei dieselben Verfahren ablaufen, wie sie vorstehend für die Einzelhohlkörpergrünlinge bei der Herstellung geschildert worden sind und deshalb nicht nochmals wiederholt werden. Mit den geschilderten Herstellverfahren für Formhohlkörper läßt sich darüber hinaus ein stabiler und flächiger Verbund der kugelförmigen Einzelhohlkörper untereinander erzielen, so daß der als Formhohlkörper ausgebildete Kern eine hohe Dauerwechselfestigkeit aufweist. So wurden derartige Formhohlkörper mehreren Millionen Lastwechsel mit schwellender Druckbelastung ausgesetzt, ohne daß eine äußerliche Schädigung oder ein Setzverhalten erkennbar war, wobei auch eine hervorragendes Verformungsverhalten bei Druckbelastung beobachtet werden konnte.

Ein zweites Ausführungsbeispiel für die Schaffung eines Kerns für Bauteile mit geschlossenem Hohlraumprofil für im Gußverfahren hergestellte Bauteile besteht darin, daß eine dünne Zusatzhüllschicht auf den Einzelhohlkörpergrünling unter Verwendung einer zusätzlichen Variante der ersten Basismaterialkomponente aufgebracht wird. Dabei besteht die zusätzliche Variante der ersten Basismaterialkomponente jedoch aus dem gleichen Material wie die erste Basismaterialkomponente selbst. Die Pulverbestandteile der zusätzlichen Variante der ersten Basismaterialkomponente unterscheiden sich durch eine feinere Zerkleinerung der Pulverteile gegenüber den lediglich grob gehaltenen Pulverbestandteilen der vorhergehenden Hüllschichten aus der ersten Basismaterialkomponente des Einzelhohlkörpergrünlings. Die Zerkleinerung von Pulverbestandteilen der Basismaterialkomponenten ist sehr teuer, deshalb wurden für die auf die Außenfläche der Trägerstoffe aufgetragenen Hüllschichten entsprechend den Praxisanforderungen häufig dicke Schichten lediglich grob zerkleinerte Pulverteile verwendet, die beispielsweise durch Mahlen erzeugt werden müssen. Da die Hüllschichten wie bereits geschildert aus der ersten Basismaterialkomponente zusammen mit dem Binder lediglich eine mit Mikroporosität versehene Hüllschicht auf dem Trägerstoff für den Einzelhohlkörpergrünling ergeben, werden nun als erfindungsgemäßes Merkmal sehr fein zerkleinerte Pulverbestandteile in Form der Variante der ersten Basismaterialkomponente dem Basismaterialgemisch zugefügt. Diese sehr fein zerkleinerten Pulverbestandteile der Variante des ersten Basismaterials legen sich beim Sintern in die vorhandenen offenen Poren der anderen Hüllschichten aus lediglich grob zerkleinerten Pulverbestandteilen. Dadurch werden diese Poren in den normalen Hüllschichten geschlossen und es entsteht ein porenfreier und damit für die Verwendung bei Gußverfahren insbesondere auch Druckgußverfahren mit hohen Drücken und Temperaturen erforderlicher gasdichter Einzelhohlkörper durch das Sintern. Diese Einzelhohlkörper können zu mehreren in einem Formwerkzeug zu einem Formhohlkörper unter äußerem

Druck ausgebildet werden und damit einen entsprechenden Kern für ein Gußteil bilden. Durch das Aufbringen lediglich einer einzigen Zusatzhüllschicht innen auf den Trägerstoff, zwischen zwei aus der ersten Basismaterialkomponente gebildeten Hüllschichten oder auf die außen liegende Hüllschicht werden große Kosteneinsparungen beim Zerkleinern der Pulverbestandteile der zusätzlichen Variante der ersten Basismaterialkomponente ermöglicht, da nur geringe Mengen an Pulverbestandteilen der zusätzlichen Variante der ersten Basismaterialkomponente für die Aufbringung der Zusatzhüllschicht erforderlich sind, während für die anderen groben Hüllschichten die grob gehaltene erste Basismaterialkomponente zum Aufbau der tragenden Wände der Einzelhohlkörper herangezogen wird, die den größten Teil des Wandmaterials bildet. Ein als Kern ausgebildeter Formhohlkörper kann jedoch auch aus nur einem einzigen Einzelhohlkörper bestehen, der direkt den Hohlraum des Kernes beschreibt. Dabei kann die äußere Gestalt der Außenfläche des Einzelhohlkörpers einmal durch Ausprägungen in einer Form für den Trägerstoff gebildet werden oder andererseits kann die Kernform aus einem größer als der Formhohlkörper ausgebildeten Materialblock aus Trägerstoff gebildet sein, wobei in beiden Fällen die Form des Einzelhohlkörpers abgestimmt wird auf den speziellen Anwendungsfall. Aus einem einzigen Einzelhohlkörper bestehende Formhohlkörper lassen sich bei Gießverfahren einsetzen, die beispielsweise mit geringer Füllgeschwindigkeit und kleinem Gießdruck arbeiten, und damit die laminare und turbulenzfreie Formfüllung in steigendem Guß möglich ist. Neben dem Schwerkraftkokillenguß ist auch der Niederdruckkokillenguß für derartige aus einem einzigen Einzelhohlkörper bestehende Formhohlkörper als Anwendungsgebiet geeignet.

Ein als Kern ausgebildeter Formhohlkörper kann jedoch auch aus einem losen Verbund von Einzelhohlkörpern bestehen. Die äußere Gestalt des aus einem losen Verbund von Einzelhohlkörpern bestehenden Formhohlkörpers wird durch ein Begrenzungsmittel erreicht, daß den losen Verbund von Einzelhohlkörpern umschließt. Dieses Begrenzungsmittel kann beispielsweise als Käfig, Netz oder in jeder anderen geeigneten Form ausgebildet sein, die als Begrenzung eines losen Verbundes von Einzelhohlkörpern zu einem Formhohlkörper geeignet ist.

Erfindungswesentlich für den vorliegenden Gegenstand ist die Kombination aus den Merkmalen der Schaffung von Einzelhohlkörpergrünlingen durch Überziehen eines Trägerstoffes mit einer Suspension aus Basismaterial und Bindemittel, dem anschließenden Verformen der Einzelhohlkörpergrünlinge in kaltem Zustand in einem Formwerkzeug zu einem Formhohlkörpergrünling, wobei die Hüllschichten zunächst meist mit Poren versehen sind. Ein weiteres Merkmal dieser Kombination ist das Sintern der Grünlinge sowohl des Einzelhohlkörpers wie auch des Formhohlkörpers mit auf unterschiedliche Schmelztemperaturen abgestimmten Bestandteilen, wie der ansteigenden Schmelztemperaturkette mit dem am niedrigsten schmelzenden Binder, dann dem Trägerstoff, dann der zweiten Basismaterialkomponente bis zum höchsten Schmelzpunkt für die pulverförmige erste Basismaterialkomponente, deren Bestandteile lediglich durch Diffusion zusammengesintert werden. Das Basismaterial und die Basismaterialkomponenten können dabei in Pulverform aus Metallen und/oder Keramik bestehen. Die Anpassung an die Betriebstemperaturen der Gußteile bzw. an die anderen Anforderungen der Gußteile erfolgt durch die Auswahl verschiedener Basismaterialien, die Dimensionierung der Einzelhohlkörper und die Herstellung von unterschiedlichen geeigneten geometrischen Anordnungen. Dadurch lassen sich spezielle maßgeschneiderte Eigenschaftskombinationen für jeden Anwendungsfall bilden. Für

die Ausführung des Gusses bzw. des Gußteils einerseits und zur Herstellung der Einzelhohlkörper andererseits können dabei unterschiedliche Materialien verwendet werden. So ist es möglich, aus Formhohlkörpern bestehende Kerne herzustellen, die aus einem anderen Material als die Gußschmelze bestehen und auf diese Weise den extremen Belastungen bezüglich Temperatur oder anderen Parametern während des Gusses standhalten können.

Die mit einem erfindungsgemäßen Kern versehenen Gußteile beeinträchtigen durch ihre durch den Kern gebildeten inneren Hohlräume anders als bei konventionellen Kernen in keiner Weise das Gußteil. Bei der Herstellung der Formhohlkörper weisen diese bei Raumtemperatur den herrschenden Umgebungsdruck auf. Durch die beschriebene gezielt einstellbare Wandstärke der Einzelhohlkörper können diese entsprechend fest ausgelegt werden, so daß diese nicht bei der Erwärmung nahe der Gießtemperatur oder der Wärmebehandlungstemperatur des Gußteils sich ausdehnen oder sogar undicht werden und den Gasdruck in das Gußbauteil entweichen lassen. Es lassen sich jederzeit bedingt durch die während des Sinterprozesses bei der Herstellung der Einzelhohlkörper und der Formhohlkörper jeweils herrschende Atmosphäre unterschiedliche Drücke vom Unterdruck innerhalb der Einzelhohlkörper oder Formhohlkörper bis zum Vakuum in diesen Hohlräumen ausbilden. Dies wird dadurch möglich, daß die auf den Trägerstoff aufgetragenen Hüllschichten der Einzelhohlkörpergrünlinge und der Formhohlkörpergrünlinge im Verlauf des Sinterprozesses zeitweise porös sind und daher der jeweils gewählte Atmosphärendruck dann auch innerhalb der am Ende des Sinterprozesses hermetisch verschlossenen Einzelhohlkörper konserviert wird. Die Einstellung von Unterdruck oder Vakuum im Innenraum ermöglicht auch bei dünneren Hüllschichten der Einzelhohlkörper ein Ausdehnen der Hohlkörper bei der Erwärmung zu verhindern, wie es beispielsweise bei der Wärmebehandlung von Gußteilen auftritt. Ein Einzelhohlkörper in Kugelgestalt, aus denen der Formhohlkörper insgesamt aufgebaut ist, ist derart druckstabil, daß durch den beim Gießen anliegenden Druck und durch die dabei entstehende thermische Ausdehnung ein Eindringen oder Einbeulen sicher verhindert werden kann.

Werden die Formhohlkörper aus mehreren kugelförmigen Einzelhohlkörpern gebildet, so entstehen an den Außenseiten der Formhohlkörper porenartige Vertiefungen. Der Durchmesser und die von der Außenseite her gesehen sich ergebende Tiefenerstreckung der porenartigen Vertiefungen zwischen den Einzelhohlkörpern ist veränderbar, während die Einzelhohlkörper selbst gasdicht ausgebildet sind. Es lassen sich jedoch die porenartigen Vertiefungen nach Größe und Tiefenerstreckung durch Druckausübung in dem Formgebungswerkzeug auf den Formhohlkörpergrünling verändern. Dabei werden die Einzelhohlkörpergrünlinge deformiert und je nach dem Ausmaß des ausgeübten Drucks verändert sich der Durchmesser und die Tiefe der porenartigen Vertiefungen bis sie schließlich derart zusammengedrückt werden, daß sich die zwischen mehreren Einzelhohlkörpergrünlingen zum Innern des Formhohlkörpergrünlings hin gerichteten porenartigen Vertiefungen völlig verschließen. Die Anzahl dieser porenartigen Vertiefungen auf den Außenseiten des Formhohlkörpers läßt sich durch eine Änderung der Größe der Einzelhohlkörper wie beispielsweise ihrer Durchmessergröße variieren. Je nach Durchmesser und Tiefe der porenartigen Vertiefungen läßt sich das Ausmaß der Integration des als Kern ausgebildeten Formhohlkörpers im Gußteil verändern bzw. verbessern. Werden kugelförmige Einzelhohlkörper bei der Herstellung des als Kern ausgebildeten Formhohlkörpers verwendet, so sind die sich ergebenden porenartigen Vertiefungen selbst bei unge-

ordneten Strukturen nur wenig unterschiedlich in ihrer Größe. Das heißt, daß bei statistisch gepackten Einzelhohlkörpern in dem Formhohlkörper sich eine hohe Gleichmäßigkeit dieser Porengröße und Tiefe ergibt. Damit werden die Strukturen der kugelförmigen Einzelhohlkörper in dem Formhohlkörper gut berechenbar, so daß es zum Beispiel möglich ist, die Auswirkung der Dichte und der Größe der porenartigen Vertiefungen auf die Eigenschaften der Kernstruktur relativ zum kompakten Werkstoff des Gußteils zu berechnen. Die sich ergebende gleichmäßige Größe der porenartigen Vertiefungen bei kugelförmigen Einzelhohlkörpern in dem Formhohlkörper garantiert eine hohe statistische Sicherheit bei der Berechnung, so daß beispielsweise erforderliche Mindestfestigkeiten des Kerns sicher eingehalten werden können, was beispielsweise bei metallischen Schäumen aus dem Stand der Technik nicht möglich ist.

Beispiel 1

Trägerkonstruktion aus Aluminium und Herstellung im Sandguß (Maschinenformverfahren)

Die Herstellung von Trägerelementen für verschiedene Anwendungen im Maschinenbau kann mit Hilfe von maschinellen Sandgußverfahren erfolgen. Bei diesen Verfahren wird entweder tongebundener Formsand oder chemisch gebundener Quarzsand verwendet. Zur Erhöhung der Steifigkeit bei gleichzeitiger Reduzierung des Bauteilgewichts erweist es sich als sinnvoll, die konventionelle Rippenkonstruktion durch geschlossene Profile aus einem als Kern ausgeführten Formhohlkörper aus Legierungen auf der Basis von Aluminium, Eisen oder Titan zu ersetzen. Der als Kern ausgeführte Formhohlkörper wird mit konventionellen Kernstützen in der Gußform fixiert, die minimale Wandstärke der außenliegenden Gießhaut, die auf diese Weise realisiert werden kann, liegt im Bereich von ca. 2 mm. Aufgrund der verfahrensbedingten Zeitdauer zwischen dem Einlegen des Formhohlkörpers, dem Schließen der Form und dem Abguß sind an der Einhaltung der vorab gewählten Einlegetemperatur des Formhohlkörpers bei den üblichen Gießtemperaturen zwischen 700° und 750°C besondere Anforderungen gestellt.

Beispiel 2

Maschinenständer aus Gußeisen und Herstellung im Sandguß (Handformverfahren)

Das Gewicht von Großgußteilen für den Schwermaschinenbau kann durch das Einbringen von als Kern ausgeführten Formhohlkörpern unter Beibehaltung der Eigenschaften des Großgußteils gesenkt werden. Pressenständer, Maschinenbetten und ähnliche Bauteile werden in bentonit- oder furanharzgebundene Formen gegossen, die maschinell hergestellt werden. Aufgrund der gegenüber Aluminium hohen Gießtemperatur ist die Verwendung von als Kern ausgeführten Formhohlkörpern aus hochschmelzenden Werkstoffen auf Eisen-, Nickel- und Titanbasis erforderlich, wobei die Gießtemperatur von Gußeisen mit Kugel- und Lamellengraphit je nach Zusammensetzung zwischen 1300° und 1500°C liegt. Die als Kerne ausgeführten Formhohlkörper werden zum Beispiel mit konventionellen Kernstützen in der Gußform fixiert. Aufgrund des metallostatistischen Druckes und der sehr langsamen Abkühlung und Erstarrung ist die Fixierung des als Kern ausgeführten Formhohlkörpers ein zentraler Punkt des Verfahrens.

Beispiel 3

Motorträger für Personenkraftwagen und Leichtbaukonstruktionen aus Aluminium, die in Schwerkraft-Kokillenguß hergestellt werden.

Bei dem Schwerkraft-Kokillenguß können sowohl verlorene Formen als auch Dauerformen eingesetzt werden. Der als Kern ausgebildete Formhohlkörper wird mit verschiedenen Halterungen in der Gußform fixiert. Die laminare und turbulenzfreie Formfüllung, die im steigenden Guß erzielt wird, gewährleistet die gleichmäßige Benetzung des als Kern ausgeführten Formkörpers durch die Schmelze. Aufgrund der geringen Füllgeschwindigkeit sowie des vergleichsweise geringen Gießdruckes werden bei diesem Verfahren nur geringe Anforderungen an die Fixierung des als Kern ausgeführten Formhohlkörpers gestellt.

Beispiel 4

Herstellung von großflächigen Leichtbauteilen im Druckgußverfahren.

Die große Metallgeschwindigkeit der Schmelze sowie der hohe Gießdruck erschweren die exakte Positionierung des als Kern ausgebildeten Formhohlkörpers beim Druckguß maßgeblich. Diesen Umständen wird mit einem Formkonzept begegnet das sowohl die Lage des als Kern ausgeführten Formhohlkörpers als auch dessen Befestigung berücksichtigt. Die aus Einzelhohlkörpern hergestellten Formhohlkörper weisen gemäß der Erfindung eine hohe Festigkeit auf, damit sind sie für die Herstellung von großflächigen Leichtbauteilen aus Aluminium und Magnesium gut geeignet.

Beispiel 5

Squeeze-Casting

Aufgrund der langsamen Formfüllung und der hohen Nachverdichtung ist das Squeeze-Casting-Verfahren zur Herstellung von qualitativ hochwertigen Bauteilen aus verschiedenen Werkstoffverbunden gut geeignet. Die lokale Verstärkung von Kolbenböden durch das Eingießen von keramischen Preforms wurde bereits im Produktionsmaßstab realisiert. Die Anwendung dieses Verfahrens zum Eingießen von als Kern ausgeführten Formhohlkörpern in komplexen Bauteilen ist bei Formfüllgeschwindigkeiten unter 1 m/s vergleichbar mit dem Niederdruck-Kokillenguß. Die hohe Nachverdichtung erschließt jedoch prinzipiell die Möglichkeit, Bauteile mit längeren Fließwegen weitestgehend porenfrei herstellen zu können.

Patentansprüche

1. Kern für Bauteile mit geschlossenem Hohlraumprofil, wobei die Bauteile im Gußverfahren hergestellt werden und das Hohlraumprofil mit einem vorgeformten Kern gefüllt ist, ferner der Kern in der Gußform mit Haltemitteln abgestützt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Kern ein Formhohlkörper eingesetzt ist, und daß der Formhohlkörper wenigstens aus einem Einzelhohlkörper besteht, daß durch die Aufbringung einer Suspension aus einer pulverförmigen ersten Basismaterialkomponente und Bindemittel auf der Außenfläche eines Trägerstoffes mindestens eine Hüllschicht für einen Einzelhohlkörpergrünling gebildet ist, und daß anschließend der Einzelhohlkörpergrünling durch einen Sintervorgang zu einem durch die ursprüngliche Form der Hüllschicht des Trägerstoffes ge-

formten Einzelhohlkörper verfestigt ist.

2. Kern für Bauteile mit geschlossenem Hohlraumprofil, wobei die Bauteile im Gußverfahren hergestellt werden und das Hohlraumprofil mit einem vorgeformten Kern gefüllt ist, ferner der Kern in der Gußform mit Haltemitteln abgestützt wird, dadurch gekennzeichnet, daß als Kern ein Formhohlkörper eingesetzt ist, und daß der Formhohlkörper wenigstens aus einem Einzelhohlkörper besteht, daß durch die Aufbringung einer Suspension aus einer pulverförmigen ersten Basismaterialkomponente und Bindemittel auf der Außenfläche eines Trägerstoffes mindestens eine Hüllschicht für einen Einzelhohlkörpergrünling gebildet ist, daß eine Aufbringung einer Zusatzhüllschicht auf den Einzelhohlkörpergrünling unter Verwendung einer zusätzlichen Variante der ersten Basismaterialkomponente erfolgt, daß die zusätzliche Variante der ersten Basismaterialkomponente aus dem gleichen Material wie die erste Basismaterialkomponente besteht, daß jedoch die Pulverbestandteile der zusätzlichen Variante der ersten Basismaterialkomponente feiner zerkleinert sind als die grob gehaltenen Pulverbestandteile der anderen Hüllschichten aus der ersten Basismaterialkomponente des Einzelhohlkörpergrünlings, und daß anschließend der Einzelhohlkörpergrünling durch einen Sintervorgang zu einem durch die ursprüngliche Form der Hüllschicht des Trägerstoffes geformten Einzelhohlkörper verfestigt ist.
3. Kern nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Herstellung des Formhohlkörpers aus einem einzigen Einzelhohlkörper die Gestalt der Außenfläche des Einzelhohlkörpers durch Ausprägung in einer Form für den Trägerstoff oder durch Ausformen der Kernform aus einem größer als der Formhohlkörper ausgebildeten Materialblock aus Trägerstoff jeweils abgestimmt auf den Anwendungsfall gebildet ist.
4. Kern nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenfläche des Trägerstoffes des Einzelhohlkörpergrünlings in definierter und aus einer in sich stabilen geometrischen Form ausgeführt ist.
5. Kern nach einem oder mehreren der Ansprüche 1, 2, 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Form des Trägerstoffes und damit die daraus entstehende Form des Einzelhohlkörpers als Kugel ausgebildet ist.
6. Kern nach einem oder mehreren der Ansprüche 1, 2, 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Form des Trägerstoffes und damit die daraus entstehende Form des Einzelhohlkörpers als Ellipse ausgebildet ist.
7. Kern nach einem oder mehreren der Ansprüche 1, 2, 4, 5, 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Formhohlkörper aus einem losen Verbund von Einzelhohlkörpern besteht, und daß die äußere Gestalt des aus einem losen Verbund von Einzelhohlkörpern bestehenden Formhohlkörpers durch ein Begrenzungsmittel umhüllt ist.
8. Kern nach einem oder mehreren der Ansprüche 1, 2, 4, 5, 6, 7 dadurch gekennzeichnet, daß das Begrenzungsmittel als Käfig, Netz oder dergleichen ausgebildet ist.
9. Kern nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß in der Zeitdauer des Sintervorganges mit steigender Erwärmung zuerst das Bindemittel bis auf Bindemittelreste und danach der Trägerstoff flüchtig werden, und daß diese durch die im Verlauf des Sintervorganges zeitweise poröse Hüllschicht aus dem Einzelhohlkörpergrünling entweichen, daß die Zersetzungstemperatur des Bindemittels unter der des Trägerstoffes, und daß die Zersetzungstempera-

tur des Trägerstoffes unter dem Schmelzpunkt des oder der jeweiligen Basismaterialien für die Einzelhohlkörpergrünlinge liegen.

10. Kern nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Stärke der Wand der Einzelhohlkörper veränderbar ist, daß die Wandstärke durch die Länge der Beschichtungsdauer variiert wird oder durch Aufbringen von einer oder mehrerer weiteren Hüllschichten auf den Einzelhohlkörpergrünling verändert wird.
11. Kern nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß während der Dauer des Sintervorganges zur Herstellung der Einzelhohlkörper aus den Einzelhohlkörpergrünlingen und der Formhohlkörper aus dem Formhohlkörpergrünling mit einem Formgebungswerkzeug ein jeweils auf die Erfordernisse des geplanten Anwendungsfalles abgestimmter und veränderbarer Atmosphärendruck einstellbar ist.
12. Kern nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der beim Sintervorgang zur Herstellung der Einzelhohlkörper und Formhohlkörper herrschende Atmosphärendruck als Unterdruck oder als Vakuum ausgebildet ist.
13. Kern nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Aufbringen der aus einer Suspension gebildeten ein oder mehreren Hüllschichten mehrere Einzelhohlkörpergrünlinge vor dem Beginn des Sintervorganges in kaltem Zustand in einem Formgebungswerkzeug zu der Gestalt eines auf den jeweiligen Anwendungsfall abgestimmten Formhohlkörpergrünling geformt werden, und daß nach einer Vorbehandlung mit Lösemittel zum Anlösen der Hüllschicht die Formgebung der Formhohlkörpergrünlinge in dem Formgebungswerkzeug durch äußere Druckeinwirkung mittels eines Stempels auf die Einzelhohlkörpergrünlinge erfolgt.
14. Kern nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die an den Außenseiten eines aus mehreren Einzelhohlkörpern hergestellten Formhohlkörpers entstehenden porenartigen Vertiefungen bezüglich ihrer Durchmesser und ihrer von den Außenseiten her gesehen sich ergebenden Tiefenerstreckung zwischen den Einzelhohlkörpern bei der Herstellung des Formhohlkörpers steuerbar und somit die Größe und Tiefenerstreckung veränderbar ausgebildet sind, daß dazu in dem Formgebungswerkzeug Druck auf den Formhohlkörpergrünling zur Deformation von dessen Einzelhohlkörpergrünlingen ausgeübt wird.
15. Kern nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der auf die Einzelhohlkörpergrünlinge des Formhohlkörpergrünlings ausgeübte Druck derart ausgebildet ist, daß zwischen mehreren Einzelhohlkörpern die zum Inneren des Formhohlkörpergrünlings hinggerichteten porenartigen Vertiefungen verschlossen sind.
16. Kern nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der porenartigen Vertiefungen auf den Außenseiten des Formhohlkörpers durch die Änderung der Größe der Einzelhohlkörper variierbar ist.
17. Kern nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Basismaterial und die Basismaterialkomponenten aus Metall und/oder Keramik in Form von Pulverbestandteilen bestehen.
18. Kern nach einem oder mehreren der Ansprüche 1

bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß für die Ausführung des Gusses bzw. Gußteiles einerseits und zur Herstellung der Einzelhohlkörper andererseits unterschiedliche Materialien verwendet werden.

19. Kern nach einem oder mehreren der Ansprüche 1, 3 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die aus der ersten Basismaterialkomponente gebildeten und nach dem Sintern noch eine Mikroporosität aufweisenden Einzelhohlkörper mit einer zweiten Basismaterialkomponente zusammengeführt werden, daß die zweite Basismaterialkomponente einen niedrigeren Schmelzpunkt aufweist als die erste Basismaterialkomponente, daß die zweite Basismaterialkomponente in Form eines flüssigen Metalls ausgebildet ist und daß die Einzelhohlkörper durch Tränken in dem flüssigen Metall bis zum Porenabschluß behandelt werden.

20. Kern nach einem oder mehreren der Ansprüche 1, 3 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die aus der ersten pulverförmigen Basismaterialkomponente gebildeten und nach dem Sintern noch eine Mikroporosität aufweisenden Einzelhohlkörper mit einer zweiten pulverförmigen Basismaterialkomponente zusammengeführt werden, daß die zweite Basismaterialkomponente einen niedrigeren Schmelzpunkt aufweist als die erste Basismaterialkomponente, daß der Einzelhohlkörper mit der zweiten Basismaterialkomponente beschichtet und anschließend einem zweiten Sinterprozeß bis zum Porenabschluß unterzogen wird.

21. Verfahren zum Herstellen eines Kerns für Bauteile mit geschlossenem Hohlraumprofil, wobei die Bauteile im Gußverfahren hergestellt werden und das Hohlraumprofil mit einem vorgeformten Kern gefüllt wird, ferner der Kern in der Gußform mit Haltemitteln abgestützt wird, dadurch gekennzeichnet, daß als Kern ein Formhohlkörper eingesetzt wird, und daß der Formhohlkörper wenigstens aus einem Einzelhohlkörper besteht, daß auf der Außenfläche eines Trägerstoffes eine Suspension aus einer pulverförmigen ersten Basismaterialkomponente und Bindemittel zum Bilden von mindestens einer Hüllschicht für einen Einzelhohlkörpergrünling aufgebracht wird, und daß anschließend der Einzelhohlkörpergrünling zu einem durch die ursprüngliche Form der Hüllschicht des Trägerstoffes geformten Einzelhohlkörper gesintert wird.

22. Verfahren zum Herstellen eines Kerns für Bauteile mit geschlossenem Hohlraumprofil, wobei die Bauteile im Gußverfahren hergestellt werden und das Hohlraumprofil mit einem vorgeformten Kern gefüllt wird, ferner der Kern in der Gußform mit Haltemitteln abgestützt wird, dadurch gekennzeichnet, daß als Kern ein Formhohlkörper eingesetzt ist, und daß der Formhohlkörper wenigstens aus einem Einzelhohlkörper besteht, daß durch Aufbringen einer Suspension aus einer pulverförmigen ersten Basismaterialkomponente und Bindemittel auf der Außenfläche eines Trägerstoffes mindestens eine Hüllschicht für einen Einzelhohlkörpergrünling entsteht, daß eine Zusatzhüllschicht auf den Einzelhohlkörpergrünling unter Verwendung einer zusätzlichen Variante der ersten Basismaterialkomponente aufgebracht wird, daß die zusätzliche Variante der ersten Basismaterialkomponente aus dem gleichen Material wie die erste Basismaterialkomponente besteht, daß jedoch die Pulverbestandteile der zusätzlichen Variante der ersten Basismaterialkomponente feiner zerkleinert werden als die grob gehaltenen Pulverbestandteile der anderen Hüllschichten aus der ersten Basismaterialkomponente des Einzelhohlkörpergrünlings, und daß anschließend der Einzelhohlkörpergrün-

ling zu einem durch die ursprüngliche Form der Hüllschicht des Trägerstoffes geformten Einzelhohlkörper gesintert wird.

23. Verfahren nach Anspruch 21 und 22, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Herstellung des Formhohlkörpers aus einem einzigen Einzelhohlkörper die Gestalt der Außenfläche des Einzelhohlkörpers durch Ausprägung in einer Form für den Trägerstoff oder durch Ausformen der Kernform aus einem größer als der Formhohlkörper ausgebildeten Materialblock aus Trägerstoff jeweils abgestimmt auf den Anwendungsfall gebildet wird.

24. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 und 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Außenfläche des Trägerstoffes des Einzelhohlkörpergrünlings in definierter und aus einer in sich stabilen geometrischen Form ausgeführt ist.

25. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21, 22, 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Form des Trägerstoffes und damit die daraus entstehende Form des Einzelhohlkörpers als Kugel ausgebildet ist.

26. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21, 22, 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Form des Trägerstoffes und damit die daraus entstehende Form des Einzelhohlkörpers als Ellipse ausgebildet ist.

27. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß in der Zeitdauer des Sintervorganges mit steigender Erwärmung zuerst das Bindemittel bis auf Bindemittelreste und danach der Trägerstoff flüchtig werden, und daß diese durch die im Verlauf des Sintervorganges zeitweise poröse Hüllschicht aus dem Einzelhohlkörpergrünling entweichen, daß die Zersetzungstemperatur des Bindemittels unter der des Trägerstoffes, und daß die Zersetzungstemperatur des Trägerstoffes unter dem Schmelzpunkt des oder der jeweiligen Basismaterialien für die Einzelhohlkörpergrünlinge liegen.

28. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Stärke der Wand der Einzelhohlkörper dadurch verändert wird, daß die Wandstärke durch die Länge der Beschichtungsdauer variiert wird oder durch Aufbringen von einer oder mehreren weiteren Hüllschichten auf den Einzelhohlkörpergrünling verändert wird.

29. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß während der Dauer des Sintervorganges zur Herstellung der Einzelhohlkörper aus den Einzelhohlkörpergrünlingen und der Formhohlkörper aus dem Formhohlkörpergrünling mit einem Formgebungswerkzeug ein jeweils auf die Erfordernisse des geplanten Anwendungsfalles abgestimmter und veränderbarer Atmosphärendruck eingestellt wird.

30. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß der beim Sintervorgang zur Herstellung der Einzelhohlkörper und Formhohlkörper herrschende Atmosphärendruck als Unterdruck oder als Vakuum eingestellt wird.

31. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Aufbringen der aus einer Suspension gebildeten ein oder mehreren Hüllschichten mehrere Einzelhohlkörpergrünlinge vor dem Beginn des Sintervorganges im kaltem Zustand in einem Formgebungswerkzeug zu der Gestalt eines auf den jeweiligen Anwendungsfall abgestimmten Formhohlkörpergrünling geformt werden, und daß nach einer Vorbehandlung mit Lösemittel zum Anlösen der Hüllschicht die Formgebung der

Formhohlkörpergrünlinge in dem Formgebungswerkzeug durch äußere Druckeinwirkung auf die Einzelhohlkörpergrünlinge erfolgt.

32. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß die an den Außenseiten eines aus mehreren Einzelhohlkörpern hergestellten Formhohlkörpers entstehenden porenartigen Vertiefungen bezüglich ihrer Durchmesser und ihrer von den Außenseiten her gesehen sich ergebenden Tiefenerstreckung zwischen den Einzelhohlkörpern bei der Herstellung des Formhohlkörpers steuerbar und somit die Größe und Tiefenerstreckung veränderbar ausgebildet sind, daß dazu in dem Formgebungswerkzeug Druck auf den Formhohlkörpergrünling zur Deformation von dessen Einzelhohlkörpergrünlingen ausgeübt wird.

33. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß der auf die Einzelhohlkörpergrünlinge des Formhohlkörpergrünlings ausgeübte Druck derart ausgebildet ist, daß zwischen mehreren Einzelhohlkörpern die zum Inneren des Formhohlkörpergrünlings hinggerichteten porenartigen Vertiefungen verschlossen sind.

34. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der porenartigen Vertiefungen auf den Außenseiten des Formhohlkörpers durch die Änderung der Größe der Einzelhohlkörper variierbar ist.

35. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß das Basismaterial und die Basismaterialkomponenten aus Metall und/oder Keramik in Form von Pulverbestandteilen bestehen.

36. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21 bis 35, dadurch gekennzeichnet, daß für die Ausführung des Gusses bzw. Gußteiles einerseits und zur Herstellung der Einzelhohlkörper andererseits unterschiedliche Materialien verwendet werden.

37. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21, 23 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die aus der ersten Basismaterialkomponente gebildeten und nach dem Sintern noch eine Mikroporosität aufweisenden Einzelhohlkörper mit einer zweiten Basismaterialkomponente zusammengeführt werden, daß die zweite Basismaterialkomponente einen niedrigeren Schmelzpunkt aufweist als die erste Basismaterialkomponente, daß die zweite Basismaterialkomponente in Form eines flüssigen Metalls ausgebildet ist und daß die Einzelhohlkörper durch Tränken in dem flüssigen Metall bis zum Porenabschluß behandelt werden.

38. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 21, 23 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß die aus der ersten pulverförmigen Basismaterialkomponente gebildeten und nach dem Sintern noch eine Mikroporosität aufweisenden Einzelhohlkörper mit einer zweiten pulverförmigen Basismaterialkomponente zusammengeführt werden, daß die zweite Basismaterialkomponente einen niedrigeren Schmelzpunkt aufweist als die erste Basismaterialkomponente, daß der Einzelhohlkörper mit der zweiten Basismaterialkomponente beschichtet und anschließend einem zweiten Sinterprozeß bis zum Porenabschluß unterzogen wird.

39. Bauteil, das gießtechnisch hergestellt wird, dadurch gekennzeichnet, daß es ein Hohlraumprofil aufweist, in dessen Hohlraum sich ein als Kern ausgeführter Formhohlkörper gemäß den Ansprüchen 1 bis 20 befindet.

40. Gießverfahren zur Herstellung eines Bauteils nach

Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, daß in die Form oder das Werkzeug ein als Kern ausgeführter Formhohlkörper gemäß der Ansprüche 1 bis 20 eingebracht wird, der nach dem Gießvorgang in dem Bauteil verbleibt.